

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-195568

(43)Date of publication of application : 28.08.1987

(51)Int.Cl.

G01R 27/26  
// G01N 27/22

(21)Application number : 61-039520 (71)Applicant : KANZAKI PAPER MFG CO LTD

(22)Date of filing : 24.02.1986 (72)Inventor : OSAKI SHIGEYOSHI  
SAKAI KIYOKAZU  
URANISHI KIMIYOSHI

## (54) THREE-DIMENSIONAL DIELECTRIC CONSTANT MEASURING INSTRUMENT FOR MATERIAL

### (57)Abstract:

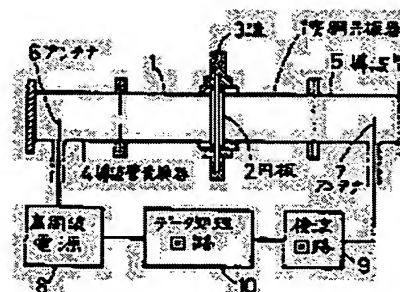
PURPOSE: To easily and speedily measure the dielectric characteristics of a small-width sample in three dimensions by inserting a sample holder fitted to a slit rotatably around the shaft of a cavity resonator, and thus finding the dielectric constant, dielectric loss, and anisotropy of the sample.

CONSTITUTION: The cavity resonator 1 is cut in the center and a disk 2 is inserted rotatably. A groove 3 is cut in this disk 2 from the flank and the sample is inserted into the groove 3 while held by the holder. Short coaxial waveguide converters 4 and 5 are provided to both ends of the resonator 1 across partition walls and connected to antennas 6 and 7 respectively; and the antenna 6 is connected to

a high frequency power source 8 and the antenna 7 is connected to a detecting circuit 9. Then, frequency data is inputted from a power source 8 to a data processing circuit 10 and frequencies  $f_1$  and  $f_2$  at which maximum detection outputs before and after the sample is inserted are obtained are read; and Q values  $Q_1$  and  $Q_2$  are obtained to find  $\epsilon'$  and  $\epsilon''$  from equations I and II, and the degree of anisotropy is calculated from the sample position.

$$\epsilon' = 1 + A \frac{f_2 - f_1}{f_2}$$

$$\epsilon'' = \frac{A}{2} \left( \frac{1}{Q_2} - \frac{1}{Q_1} \right)$$



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision  
of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑮ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-195568

⑪ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)8月28日

G 01 R 27/26  
// G 01 N 27/22

H-7706-2G  
6843-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 材料の3次元方向の誘電率測定装置

⑯ 特 願 昭61-39520

⑰ 出 願 昭61(1986)2月24日

⑱ 発 明 者 大 崎 茂 芳 尼崎市常光寺4丁目3番1号 神崎製紙株式会社神崎工場内

⑲ 発 明 者 酒 井 清 和 尼崎市常光寺4丁目3番1号 神崎製紙株式会社神崎工場内

⑳ 発 明 者 浦 西 公 義 尼崎市常光寺4丁目3番1号 神崎製紙株式会社神崎工場内

㉑ 出 願 人 神崎製紙株式会社 東京都中央区銀座4丁目9番8号

㉒ 代 理 人 弁理士 梶 浩 介

明 細 書

1. 発明の名称

材料の3次元方向の誘電率測定装置

2. 特許請求の範囲

空胴共振器の電界の腹に相当する部分に空胴共振器を横断するスリットを設け、このスリットに回転可能に試料ホルダを挿入し、試料挿入前と挿入時の空胴共振器の共振周波数  $f_1$ 、 $f_2$  及び Q 値  $Q_1$ 、 $Q_2$  を測定する手段を備えて、材料の複素誘電率を  $\epsilon' - i\epsilon''$ 、空胴共振器の形状寸法、振動モード及び試料の形状、方向による係数を A とするとき、

$$\epsilon' = 1 + A \frac{f_2 - f_1}{f_2}$$
$$\epsilon'' = \frac{A}{2} \left( \frac{1}{Q_2} - \frac{1}{Q_1} \right)$$

として複素誘電率を求めるようにした材料の3次元方向の誘電率測定装置。

3. 発明の詳細な説明

イ. 産業上の利用分野

本発明は高周波電界を用いた試料の3次元方向

の誘電率測定装置に関する。

ロ. 従来の技術

誘電体の誘電率とか誘電損失は電気絶縁材料の重要な特性であり、誘電損失はまた高周波加熱への応用もあるので、従来から電気工業、通信技術への応用と云う面から種々な材料について測定が行われている。また誘電率の異方性は学術的な興味から結晶体について測定が行われている。

上述した物質の電気的特性の測定には従来から可聴周波或は高周波を用いることが行われているが、その方法は電極として金属を蒸着した試料でコンデンサを構成するとか、空胴共振器の中を試料物質で埋める或は空胴共振器の壁に試料を貼設する等の方法である。

他方、誘電率とか誘電損失、誘電正接の異方性等は電気的利用を目的としないシートとか繊維等の一般材料でも材質の恒常性、加工度の管理における指標として利用できるものである。例えばプラスチック材料において混合する顔料、充填材その他種々な添加剤の材質、混入量の変動は誘電

率、誘電損失の変動となって現れ、またプラスチックの延伸率の変動が誘電率、誘電損失の異方性となって現れる。

従って誘電率とか誘電損失、誘電正接或はそれらの異方性が製造現場で簡単に測定できれば、これらの量は品質管理上の有力な指標となり得る筈である。

ところが、近年機能性材料として様々な用途への応用が急速に展開されている材料は、正方形、長方形或は円形などの種々の断面形状の或は糸状などの細幅形状のものとして使用される場合が多い。しかし上述の如き従来の方法では、材料が或る程度2次元的な広がりを持った形状のものを測定する場合には、測定は可能であるが、上述の如き線状・糸状等の試料の測定は不可能であり、上述したように従来は細幅形状の材料を工場内で簡便且つ迅速に実施できる測定方法がなかった。

ハ、発明が解決しようとする問題点

上述したような状況に鑑み本発明は細幅形状或は細小な試料の3次元方向の誘電的特性を簡便且

にした所にある。このため従来は空胴共振器内に試料を設定するのが大変面倒であり、共振器内で試料を回転させると言うことができなかったのに対し、本発明では試料の着脱がきわめて簡単であり、回転させることができるので、試料の3次元方向の異方性が容易に測定できる。第2の相違点は従来は試料として空胴共振器の断面を塞いで相当の厚さを有するものを用いるので試料として大きな体積を要するとか、シート状の試料では空胴共振器の開閉部一杯の大きさで内表面を覆うように設定していたので、大きな面積の試料が必要であった。これに対して本発明では試料は空胴共振器の断面積の一部を占める程度の小型試料例えば細幅形状のものでよく、空胴共振器の断面一杯の広がりが必要としないのである。

空胴共振器内の電界の腹の所に誘電体を置くと共振周波数が増える。本発明はこの共振周波数のずれによって試料の誘電率を求める。試料を入れる前の共振周波数を $f_1$ 、試料入れたときの共振周波数を $f_2$ とすると、試料の複素誘電率 $\epsilon =$

つ迅速に測定できる装置を提供しようとするものである。

## ニ、問題点解決のための手段

本発明は空胴共振器の電界の腹の部分で横断するように空胴共振器にスリットを設け、このスリットに試料を取付けた試料ホルダを空胴共振器の軸を中心に回転可能に挿入し、試料挿入前後の空胴共振器の共振周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の差によって試料の誘電率を求め、同じくQ値の差によって誘電損失を求めるもので、試料を回転させることにより、上記3次元方向の複素誘電率の異方性を求めるものである。

## ホ、作用

従来から空胴共振器を用いて誘電率を測定することは行われている。本発明とこの従来方法との相違の第1は従来は空胴共振器を完全に密閉するか或は共振器の腹部に非常に小さい一對の円孔を設けるかしてスリットのようなものは設けないようにしていたのに対して、本発明では空胴共振器を横断するスリットを設け、試料を挿入するよう

$\epsilon' - i\epsilon''$  において $\epsilon'$ 、 $\epsilon''$ は一般に下式で表される。

$$\epsilon' = 1 + A \frac{f_2^2 - f_1^2}{f_2^2} \quad \dots (1)$$

また $\epsilon''$ は試料入れる前と入れたときの空胴共振器のQ値を $Q_1$ 、 $Q_2$ とすると

$$\epsilon'' = \frac{A}{2} \left( \frac{1}{Q_2} - \frac{1}{Q_1} \right) \quad \dots (2)$$

で表される。上式でAは空胴共振器の形状寸法、振動モード及び試料の形状寸法、位置によって決まる係数である。空胴共振器を長さ $c$ 、断面が $a \times b$ の矩形とし、長さ方向の中央に幅 $e$ のスリットを周接したものとする。振動はTE<sub>10</sub>モードで電界は $y$ 方向と平行、 $x$ 、 $z$ 両方向成分は0であるとして、幅が $d$ 、厚さ $t$  ( $d < a$ ,  $d < b$ ,  $t < e$ ) なる試料をスリットから第1図A、Bに示すように挿入したとき、上式のAは第1図Aの場合、

$$A = \frac{ac}{t \sin^2 \frac{\pi(c-e)}{2c} \left( d + \frac{a}{\pi} \sin \frac{\pi d}{a} \right)} \quad \dots (3)$$

第1図Bの場合、

$$A = \frac{bc}{2d \sin^2 \frac{\pi(c-e)}{2c}} \dots (4)$$

与えられる。上記(3)(4)式は試料の面積が空洞共振器の断面一杯になる迄適用できる。こゝで $e$ は空洞共振器内の長さ方向の波数で、実際上波数は1の状態を使うのが便利である。また $a$ に比し $d$ が充分小さい場合、(3)式は

$$A = \frac{ac}{2d \sin^2 \frac{\pi}{2} \frac{c-e}{c}} \dots (5)$$

上記(3)(4)式で $\sin$ の項はスリットによる補正項で $e=0$ とすると1になる。 $e$ は $c$ に比し充分小さいので近似的には第1図Aの場合、

$$A = \frac{ac}{2\pi d} \dots (6)$$

また第1図Bの場合

$$A = \frac{bc}{2d} \dots (7)$$

となる。上記 $A$ を与える式で分母の $t d$ は試料の断面積であるから、断面円形の線条試料、繊維を巻いた糸条試料、線条を平行に並べてテープ状になった試料等でも上記各式の $t d$ の所に試料断面積を入れることによって適用できる。なお、厚さ方向の複素誘電率を計算する場合、 $A$ として次の

り、分子の積分は試料内部について行う体積分で、 $E \cdot E'$ は $E$ と $E'$ とのスカラー積である。矩形断面の空洞共振器について上式を変形し $e$ を求めると、

$$e^* = 1 - \frac{abc E_0^2}{2 \int_V E \cdot E' dV} \frac{f_2^* - f_1^*}{f_2^*} \dots (10)$$

第1図Aの場合、試料断面形の如何にかかわらず、 $E = E'$ と考えてよく、第1図Bの場合、試料中の $E'$ は $E$ と平行で

$$E' = \frac{2}{E+1} E$$

試料が垂直、水平の中間の傾いている場合、 $E'$ は $E$ と平行でなくなり、複雑になるが、基本的には任意の回転角度における試料内部の電界 $E'$ を導入して(10)式の積分を実行すれば $e^* = e' - i e''$ が求められる。 $e^*$ は $E$ の方向の複素誘電率であるから空洞内で試料を回すことによって $e$ の異方性がさらに3軸方向の $e' e''$ の異方性が分かるのである。

上の説明では空洞共振器の断面を横断する細長い試料について計算例を示したが、空洞共振器の

式から計算される。

$$A = \frac{c-e - \frac{c}{2\pi} \sin \frac{\pi(c-e)}{c} + 2e \sin^2 \frac{\pi(c-e)}{2c}}{d \sin^2 \frac{\pi(c-e)}{2c}} \dots (8)$$

誘電損失エネルギー $W$ は周波数を $f$ 、電界強度を $E$ とすれば

$$W \propto f \epsilon'' E^2$$

であり、 $e''$ の効果で電力損失が生ずるので、 $e''$ の効果は空洞共振器の $Q$ の低下となって現れる。

以上は特殊な場合について説明したが、一般的には、空洞共振器内の試料挿入位置(電界の腹部)の試料がないときの電界を $E$ 、試料挿入時の試料内の電界を $E'$ とすると、

$$\frac{f_2^* - f_1^*}{f_2^*} = \frac{(\epsilon^* - 1) \int_V E \cdot E' dV}{2 \int_V |E|^2 dV} \dots (9)$$

与えられる。こゝで $f_1^*$ と $f_2^*$ はサンプル挿入前後の共振周波数であり、 $\epsilon^*$ は複素誘電率である。また、分母の積分は電界強度の2乗の空洞内全体の積分であり、矩形断面の空洞の場合、 $abcE_0^2/2$ (但し $E_0$ は電界の最大振幅)であ

断面内で一部を占める任意形状例えば小さな円板とか短繊維等でも、その形状について前記(10)式の計算をしておくことで $e$ を求めることができる。

#### へ. 実施例

第2図は本発明の一実施例を示す。1は矩形断面の空洞共振器で、中央で切断されて回転可能に円板2が挿入されている。円板2には同心的に空洞1の断面を内包する大きさの円孔が穿ってある。円板2には側面から溝3が切込んであり、試料はホルダにはさんでこの溝に挿入する。空洞共振器1の両端は隔壁を介して夫々短い同軸導波管変換器4、5が接続しており、隔壁中央に小孔が穿ってある。同軸導波管変換器4、5には夫々アンテナ6、7が挿入しており、アンテナ6は空洞共振器を励振する高周波電源8に接続され、アンテナ7は検波回路9に接続されている。高周波電源8は周波数可変である。検波回路9の出力電圧はデータ処理回路10に取込まれて最大値が検出される。データ処理回路10には高周波電源から

周波数のデータが入力され、データ処理回路は試料挿入前と後における最大検波出力を与える周波数  $f_1$ 、 $f_2$  を読取り、さらに共振曲線の半値幅から  $Q_1$  と  $Q_2$  を得て前記 (I) ② 式及び (II) ⑦ 式等によって  $\epsilon'$ 、 $\epsilon''$  を算出する。また試位置を第 1 図 A、B の 2 方向にしたときの  $\epsilon'$ 、 $\epsilon''$  から異方性の度合を算出する。

#### 実施例 1.

分子の無配向性が別途確かめられている厚さが 0.2 mm、幅が 5 mm、長さが 100 mm の未延伸のポリエチレンテレフタレートの細幅形状サンプルを、第 2 図の如き本発明の装置を使用し、(a) 電界方向に対してサンプルの長軸方向が平行となるようにサンプルを設置した場合、(b) 電界方向に対してサンプルの長軸方向が垂直となるようにサンプルを設置した場合、(c) 電界方向に対してサンプルの厚み方向が平行となるようにサンプルを設置した場合、(d) 電界方向に対してサンプルの厚み方向が垂直となるようにサンプルを設置した夫々の場合で測定した。

に変化したことが明らかである。

第 2 表

誘電率 ( $\epsilon'$ ) 誘電損失 ( $\epsilon''$ )

(a) E // 長軸方向	2.902	1.60×10
(b) E ⊥ 長軸方向	2.675	2.20×10
(c) E // 厚み方向	2.890	2.80×10
(d) E ⊥ 厚み方向	2.710	3.20×10

試料が短小で直接ホルダーに挟めない場合、試料を無配向性のシートに貼着或は挟んで、そのシートをホルダーに挟めばよい。

#### ト. 効 果

本発明はその原理上試料の形状の制限が少なく、細長試料に限らず、空胴共振器の断面一杯のシート状試料或は逆に断面内に全部が納まって断面積席の一部を占めるに過ぎない試料でも測定可能であると共に、シート状試料から第 3 図の S のように試料を切出して第 1 図 B のようにセットすると試料の厚さ方向の誘電率が求められ、シート面に平行な 2 方向の誘電率も求められるから、シート状材料の 3 次元的な異方性測定が可能とな

得られた誘電率値  $\epsilon'$  と誘電損失値  $\epsilon''$  は第 1 表のようになるが、表から 3 次元方向の誘電率値と誘電損失値がよく一致し、分子の無配向性が明らかである。

第 1 表

	誘電率 $\epsilon'$	誘電損失 $\epsilon''$
(a) E // 長軸方向	2.764	2.28×10
(b) E ⊥ 長軸方向	2.780	2.25×10
(c) E // 厚み方向	2.796	2.29×10
(d) E ⊥ 厚み方向	2.791	2.25×10

#### 実施例 2.

長軸方向に一軸延伸加工後のポリエチレンテレフタレートの細幅形状サンプルを使用する以外は実施例 1 の場合と同様にし、誘電率値  $\epsilon'$  と誘電損失値  $\epsilon''$  を第 2 表のように得た。

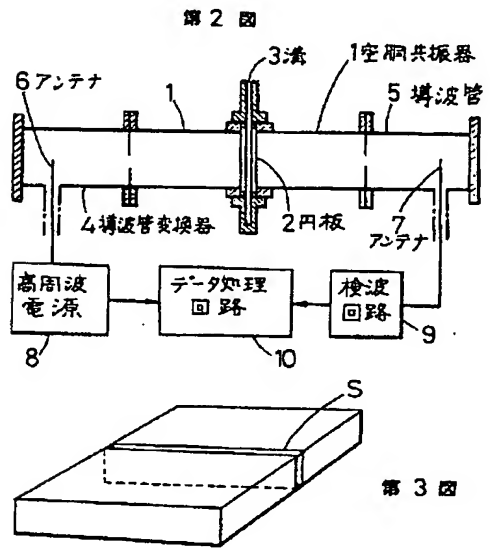
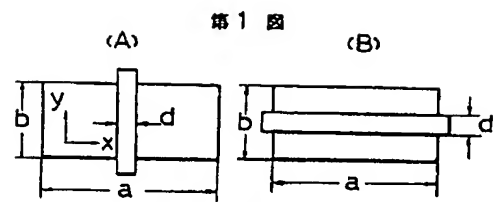
第 2 表に示すように、一軸延伸加工方向である長軸方向の誘電率値は増加し、逆に誘電損失値は減少しているので、一軸延伸加工により実施例 1 の場合の分子の無配向性が分子配向性を示すよう

る。このようなことは従来予想できなかったことである。また本発明によれば試料の着脱交換及び回転が容易なので、誘電率及びその異方性の測定が簡単にできるので、従来できなかった不透明体の屈折率、複屈折等の測定の代りに誘電率の測定から屈折率等容易に計算することができる。また例えばプラスチックの中には結晶化度と誘電損失との間に良好な相関関係があるが、本発明によれば容易に複素誘電率が求まるので、その測定によって結晶化度の管理が可能になると云うように、生産工程での品質管理に有力な手段を提供することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図 A 及び B は本発明における試料のセットの仕方を示す図、第 2 図は本発明の一実施例の縦断面図、第 3 図は厚さ方向の誘電率測定のための試料の切出し方の説明図である。

代理人 弁理士 縣 浩 介



第 3 図